

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-127161

(43)Date of publication of application : 19.05.1989

(51)Int.Cl.

B22D 11/16

(21)Application number : 62-283047

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

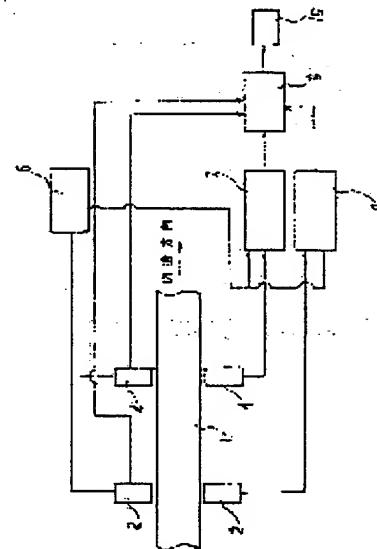
(22)Date of filing : 11.11.1987

(72)Inventor : MOMOO AKIO  
KITAOKA HIDENARI(54) METHOD FOR MEASURING PROFILE OF CRATER END SOLIDIFICATION IN  
CONTINUOUS CASTING

## (57)Abstract:

PURPOSE: To adopt each advantage of longitudinal wave and transverse wave ultrasonic methods and to enable measurement at high accuracy under overcoming the defect by using the measured positions and ultrasonic propagating time by each one pair of the transverse wave ultrasonic transceivers arranged near the solidified position of the cast slab and at downstream side thereof.

CONSTITUTION: Each one pair of the transverse wave ultrasonic transceivers 2, 4 arranged as inserting the cast slab 1 near solidified position of the cast slab 1 and at downstream side thereof are scanned while synchronizing to the width direction of the cast slab 1. Position of the solidified condition which becomes the reference having the prescribed solid phase ratio by whether the penetrating signal of the transceiver 2 is on or not, is detected and also the ultrasonic propagating time in the cast slab 1 is measured by the transceiver 4. From these values, a parameter showing relation between preset ultrasonic propagating time and distance from the transceiver 4 to the aimed solidified ratio point is corrected. Then, distance to the point having the aimed solidified ratio from ultrasonic propagating time at each point is measured and the solidified profile is constituted and measured from these value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
⑪ 公開特許公報 (A) 平1-127161

⑥Int.Cl.  
B 22 D 11/16

識別記号 104  
厅内整理番号 S-7516-4E

⑪公開 平成1年(1989)5月19日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑫発明の名称 連続鋳造におけるクレータエンド凝固プロフィール測定方法

⑬特願 昭62-283047  
⑭出願 昭62(1987)11月11日

⑮発明者 桃尾 章生 東京都千代田区内幸町2丁目2番3号 (日比谷国際ビル) 川崎製鉄株式会社東京本社内

⑯発明者 北岡 英就 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑰出願人 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

明細書

1. 発明の名称

連続鋳造におけるクレータエンド凝固プロフィール測定方法

2. 特許請求の範囲

溶融金属を連続的に鋳造するに際し、鋳型から引き出された鋳片の目標クレータエンド近傍およびそれよりも下流でその近傍にて鋳片を挟んで対向配置した各1対の超音波送受信子を、鋳片幅方向に走査させて、前記クレータエンド近傍に配設された超音波送受信子対により測定した超音波の透過信号の有無から、所定の固相率を有する基準となる凝固状態の位置を検出するとともに、他の超音波送受信子対により鋳片内の超音波伝播時間を測定し、前記2種類の測定結果をもとに鋳片クレータエンドの凝固プロフィールを測定することを特徴とする連続鋳造におけるクレータエンド凝固プロフィール測定方法。

3. 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

本発明は、連続鋳造において鋳片の品質・生産性に大きな影響を与える、鋳片の凝固プロフィールを測定する技術に関するものである。

<従来の技術>

公知のとおり連続鋳造においては鋳片の凝固状態を正確に検出することは、鋳片の生産性・品質の向上のために重要であり、その精度の向上が要求されている。特に鋳片最終凝固プロフィールは、中心偏析対策、ベルジング事故防止および直接圧延などのために重要な管理項目である。このため、鋳片最終凝固位置およびプロフィールを測定する種々の方法が提案されてきた。しかしその提案の多くは、実用上問題点があり、オンラインにて実用可能なものは主に電磁超音波を用いた方法である。この方法は、縱波超音波の伝播速度の温度依存性を利用する方法と、横波超音波の液相不透過性を利用する方法とにわけられる。前者の例では、たとえば特開昭55-158506号公報に示されているような鋳片内部の固相部における超音波の伝播速

BEST AVAILABLE COPY

度の差から液相厚みを測定する方法が知られている。この方法の利点としては、鋳片の凝固厚みを測定しているために本質的に測定位置が束縛されない点が挙げられるが、その反面この測定においては、鋳片厚みやモデル式の精度などがそのまま測定精度に大きく影響を与えるために非常に精度よくこれらの測定・同定を行なう必要があった。

また横波超音波の液相不透過性を利用した方法の例では、たとえば特開昭52-130422号公報がある。この方法は、横波超音波の透過・不透過によって鋳片内部に未凝固部が存在するか否かを判断する方法であり、前者の方法のように鋳片厚み等の測定を行なう必要がなくかつ精度が良い代わりに、測定点が凝固末端部でなければならなく、また超音波の透過・不透過と鋳片の内部凝固状態との関係がまだ明らかでないという欠点があった。

<発明が解決しようとする問題点>

縱波超音波の伝播速度の温度依存性を利用した方法、横波超音波の液相不透過性を利用した方法には、それぞれ前述の様な問題が存在していたが、

に、他の超音波送受信子対により鋳片内の超音波伝播時間を測定し、前記2種類の測定結果をもとに鋳片クレータエンドの凝固プロフィールを測定することを特徴とする連続鋳造におけるクレータエンド凝固プロフィール測定方法である。

<作用>

連続鋳造設備において鋳片の凝固位置近傍と、それよりも下流に、電磁的な方法による横波超音波の送受信子を各1対ずつ、鋳片幅方向にスキャン出来るように設置し、①凝固位置近傍の超音波送受信子(A)（以下センサAと称す）2の信号から、鋳片幅方向の基準となる凝固状態の位置を測定し、②①で測定した位置の下流地点での超音波伝播時間をその地点の超音波送受信子(B)（以下センサBと称す）4で測定し、③これらの値から、あらかじめ定めておいた超音波伝播時間とセンサBと目的凝固率地点との距離との関係を表わすパラメータを修正し、④センサBを鋳片幅方向にスキャンして各地点での超音波伝播時間から目標固相率の地点までの距離を測定し、⑤それらの

本発明は、これらの方針の各長所を取り入れかつ欠点を克服し、精度のよい鋳片の凝固プロフィール測定方法を提示するためになされたものである。  
<問題点を解決するための手段>

本発明者らは、精度のよい鋳片の凝固プロフィール測定方法について観察研究を重ねた結果、鋳片の凝固位置近傍とそれよりも下流とに横波超音波の送受信子を各1対ずつ、鋳片幅方向にスキャンできるように配置し、夫々が測定した位置、超音波伝播時間を用いて凝固プロフィールを求めることができるとの知見をえ、この知見にもとづいて本発明をなすに至った。

本発明は、溶融金属を連続的に鋳造するに際し、鋳型から引き出された鋳片の目標クレータエンド近傍およびそれよりも下流でその近傍にて鋳片を挟んで対向配置した各1対の超音波送受信子を、鋳片幅方向に走査させて、前記クレータエンド近傍に配設された超音波送受信子対により測定した超音波の透過信号の有無から、所定の固相率を有する基準となる凝固状態の位置を検出するととも

値から、凝固プロフィールを構成・測定する。

第1図をもとに本発明を具体的に説明する。

まず横波超音波の液相部不透過を利用した凝固状態測定方法について述べる。公知のように、横波超音波はせん断波でありそのため液相部ではすぐに減衰してしまい殆んど透過しない。したがって、透過波の有無を検出することにより鋳片内部の未凝固部の有無を測定できる。ところが一般に、鋳片の凝固末端では液相・固相が混在しており単純に横波超音波が透過するから液層部がないとは判断できず、横波超音波の透過・不透過の境界が、鋳片のどの程度の凝固状態に対応するかは解明されていなかった。そこで、本発明者は、鋳片の凝固過程において横波超音波の透過波強度と、現在最も信頼のおける鋸打ち実験さらに伝熱計算によって中心部固相率とを求めこれらの関係を調べ、その結果を第2図に示した。

これから横波超音波の透過・不透過の境界は、中心部の固相率( $f_s$ )が約0.4に相当することが判かった。したがって、本方法によって検出で

きるのは、“固相率が約 0.4 の点”となる。以降この点を“基準となる凝固状態の位置”と呼ぶことにする。

次に、任意の固相率位置の推定はセンサ B による超音波伝播時間から求める。本発明者らは、精密な伝熱計算により、超音波伝播時間と凝固位置とを次の関数式で近似できることを見いだした。

$$y = \alpha \tau + \beta + K \cdot Z(x)^2 \quad (1)$$

$$(1 \leq y \leq 5 \text{ (m)})$$

ここに、 $y$ ：センサ B から固相率が  $x$  である点までの距離、 $\tau$ ：超音波伝播時間、 $Z(x)$ ：第 1 表で示される値、 $\alpha$ ・ $\beta$ ・ $K$ ：鋳造条件によって定まる常数である。ここで距離  $y$  に制限をつけたのは、この距離を越えると近似の精度が著しく低下するためである。

第 1 表

| x                  | 0.4 | 0.5  | 0.6   | 0.7   | 0.8   | 0.9 |
|--------------------|-----|------|-------|-------|-------|-----|
| $Z(x) \text{ (m)}$ | 5   | ~9.5 | ~11.0 | ~12.5 | ~13.5 | 14  |

が合致するように (1) 式の常数  $K$  を修正する。しかる後、この修正値とセンサ B による超音波伝播時間とを用いて、(1) 式により目的固相率地点とセンサ B との距離を求め、それを縦軸に、横軸に鋳片幅方向位置となるように例えばコンピュータの画面に描いて、凝固プロフィールを得ることができる。

ここでは、センサ B による超音波伝播時間の測定に横波超音波を用いたが、縦波超音波を用いても同様に伝播時間の測定は出来る。

#### <実施例>

以下に、本方法を用いた凝固位置測定方法の実施例を説明する。

第 2 表に示す鋳造条件で鋳造し、センサ A とセンサ B の距離は 3 m とした。

第 2 表

|       |                      |
|-------|----------------------|
| 鋳片サイズ | 230 mm 厚 × 1000 mm 幅 |
| 鋼種    | 低炭 A 2 キルド鋼          |
| 溶鋼温度  | 1540 °C              |

さて、この (1) 式を用いれば、超音波伝播時間を測定することによって凝固位置を推定することができるが、この式は近似式であるので精度を向上させるためになんらかの修正を行うことが望ましい。そこで、センサ A によって、基準となる凝固状態の位置を正確に測定し、その値を用いて (1) 式を修正すれば精度の向上を図ることができる。

以下にその方法について述べる。まず、センサ A とセンサ B を第 3 図に示すように鋳片幅方向に同期させながらスキャンし、センサ A にて超音波の透過波の有無を、センサ B にて伝播時間を測定する。たとえば、鋳片の最終凝固プロフィールが第 4 図に示すような形状である場合、その時のセンサ A の透過信号の有無とセンサ B による超音波伝播時間は、例えば第 5 図のようになる。ここで、センサ A での透過信号の変化のあった点 (a, b, c, d) でのセンサ B による超音波伝播時間  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$  の平均値を  $\bar{\tau}$  とし、この  $\bar{\tau}$  を用いて (1) 式で求めたセンサ B と基準となる凝固状態の位置との距離  $y$  と、センサ A とセンサ B の間の距離

まず、鋳造中の鋳片に対して超音波送信子 (A) 2・超音波受信子 (A) 2 および超音波送信子 (B) 4・超音波受信子 (B) 4 の対向性を保ちつつ鋳片幅方向にスキャンする。同時に超音波の送受信を行ない、超音波受信装置 (A) 1・(B) 7・8 でその信号を受信し、その結果を演算装置 9 に送る。演算装置 9 は、その時の超音波送信子の鋳片幅方向位置と、超音波受信装置 8 で受信した信号の透過波の有無、超音波受信装置 7 で受信した伝播時間とから、その位置での目的固相率位置を (1) 式によって計算し、表示装置 10 に送る。但し、同時にセンサ B から基準となる凝固状態の位置までの距離も超音波伝播時間から (1) 式によって計算しておき、センサ A で基準となる凝固状態の位置を検出した時には、前記センサ B から基準となる凝固状態の位置までの計算距離と、センサ A とセンサ B との距離（本実施例では 3 m）とが合致するように (1) 式のパラメーター  $K$  を修正する。

振打ち法による固相率が 0.8 の点と、本方法による固相率が 0.8 の点の推定値の偏差を第 6 図に

示す。これから、本方法により±1 mの範囲でクレーターエンドを推定できることが分かる。

<発明の効果>

以上述べた通り、本発明方法によれば従来の縦波超音波法におけるように多くの測定を行うことなく、又横波超音波法におけるような測定の制限を受けることなく、精度良く凝固プロフィールを測定できる。

4. 図面の詳細な説明

第1図は、本発明の構成を示す系統図、第2図は、超音波の透過波強度と鋳片中心部の固相率との関係を示すグラフ、第3図は、センサ走査方法を示す説明図、第4図は、鋳片上のセンサ走査方向と  $f_s = 0.4$ との関係を示す説明図、第5図はセンサ受信信号と伝播時間を示す説明図、第6図は本発明方法による偏差を示すヒストグラムである。

1 - 鋳片。

2 - 超音波送受信子(A)、

4 - 超音波送受信子(B)、

6 - 超音波送信装置、

7 - 超音波受信装置(A)、

8 - 超音波受信装置(B)、

9 - 演算装置、

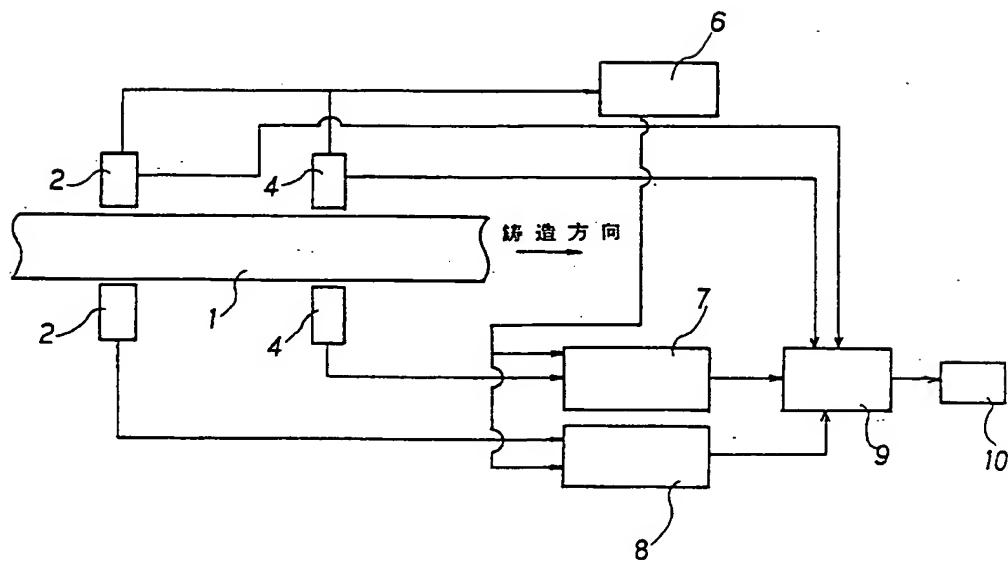
10 - 表示装置。

特許出願人

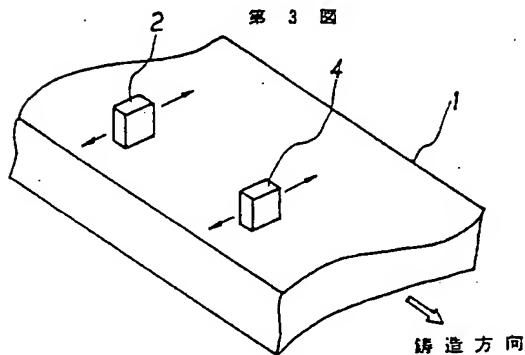
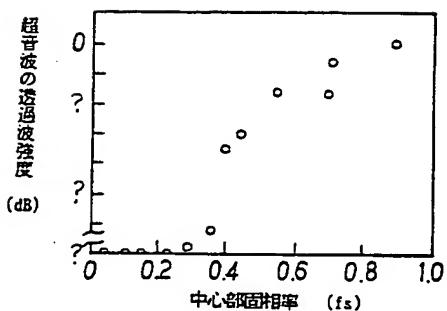
川崎製鉄株式会社

BEST AVAILABLE COPY

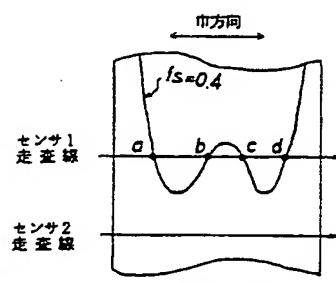
第1図



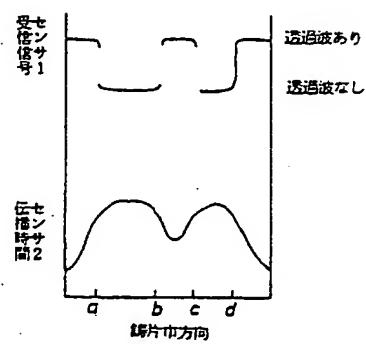
第 2 図



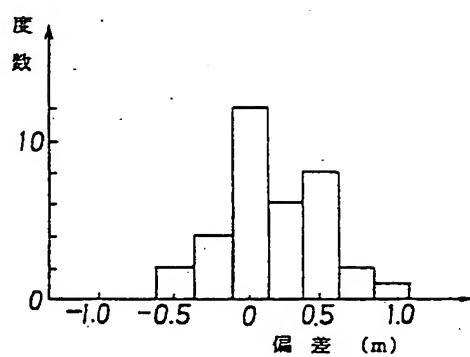
第 4 図



第 5 図



第 6 図



BEST AVAILABLE COPY